

## IMMERSION ALIGNER

ublication Number: 10-303114 (JP 10303114 A), November 13, 1998

inventors:

USHIDA KAZUO  
SUWA KYOICHI

pplicants

NIKON CORP (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

pplication Number: 09-121757 (JP 97121757), April 23, 1997

nternational Class (IPC Edition 6):

H01L-021/027  
G03F-007/20

PIO Class:

42.2 (ELECTRONICS--- Solid State Components)  
29.1 (PRECISION INSTRUMENTS--- Photography & Cinematography)

PIO Keywords:

R002 (LASERS)  
R094 (ELECTRIC POWER--- Linear Motors)

stract:

OBLEM TO BE SOLVED: To provide an immersion aligner which does not cause the deterioration of its image forming performance.

LUTION: An immersion aligner which is provided with a projection optical system PL which transfers a pattern Pa drawn on a reticle R to the surface of a wafer W and print-transfers the pattern Pa, and in which at least part of the working distance L between the lens surface Pe of the optical system PL closest to the wafer W and the wafer W, is filled up with a liquid LQ which transmits exposing light IL is constituted so that the working distance L may meet a condition,  $L \leq \lambda / (0.3 \times |N|)$  (where,  $\lambda$  and N (1/ deg.C) respectively represent the wavelength of the light IL and the temperature coefficient of the refractive index of the liquid IQ). In addition, the liquid LQ is prepared by adding an additive which reduces the surface tension of pure water or increases the interface activity of the pure water to the pure water.

PIO  
2005 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.  
atalog® File Number 347 Accession Number 6020014

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
 H 01 L 21/027  
 G 03 F 7/20

識別記号  
 5 2 1

F I  
 H 01 L 21/30 5 1 5 D  
 G 03 F 7/20 5 2 1  
 H 01 L 21/30 5 1 8

審査請求・未請求 請求項の数12 FD (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平9-121757

(22)出願日 平成9年(1997)4月23日

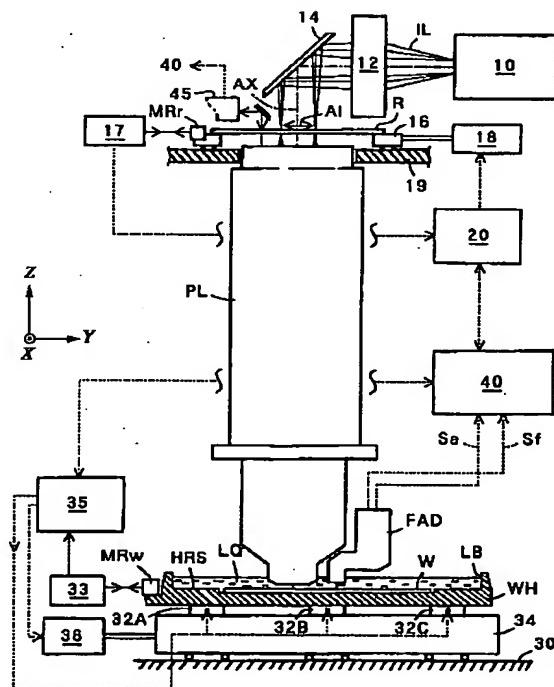
(71)出願人 000004112  
 株式会社ニコン  
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
 (72)発明者 牛田 一雄  
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内  
 (72)発明者 謙訪 基一  
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内  
 (74)代理人 弁理士 猪熊 克彦

(54)【発明の名称】 液浸型露光装置

(57)【要約】

【課題】結像性能の劣化を招くことのない液浸型露光装置を提供する。

【解決手段】レチクルR上に描画されたパターンP aをウエハW上に焼付転写する投影光学系PLを有し、該投影光学系のウエハに最も近接したレンズ面PeとウエハWとの間のワーキングディスタンスのうちの少なくとも一部分を、露光光ILを透過する液体LQで満たした液浸型露光装置において、ワーキングディスタンスの長さをLとし、露光光ILの波長をλとし、液体LQの屈折率の温度係数をN(1/°C)としたとき、 $L \leq \lambda / (0.3 \times |N|)$ となるように形成したことを特徴とし、また、液体LQとして、純水の表面張力を減少させ又は純水の界面活性度を増大させる添加剤を純水に添加したもの用いたことを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レチクル上に描画されたパターンをウエハ上に焼付転写する投影光学系を有し、該投影光学系のウエハに最も近接したレンズ面と前記ウエハとの間のワーキングディスタンスのうちの少なくとも一部分を、露光光を透過する液体で満たした液浸型露光装置において、前記ワーキングディスタンスの長さを  $L$  とし、前記露光の波長を  $\lambda$  とし、前記液体の屈折率の温度係数を  $N$  ( $1/\text{°C}$ ) としたとき、  
 $L \leq \lambda / (0.3 \times |N|)$   
となるように形成したことを特徴とする液浸型露光装置。

【請求項 2】 レチクル上に描画されたパターンをウエハ上に焼付転写する投影光学系を有し、該投影光学系のウエハに最も近接したレンズ面と前記ウエハとの間のワーキングディスタンスのうちの少なくとも一部分を、露光光を透過する液体で満たした液浸型露光装置において、前記液体として、純水の表面張力を減少させ又は純水の界面活性度を増大させる添加剤を前記純水に添加したもの用いたことを特徴とする液浸型露光装置。

【請求項 3】 前記ワーキングディスタンスの長さ  $L$  が 2 mm 以下である、請求項 1 又は 2 記載の液浸型露光装置。

【請求項 4】 前記レチクルとウエハを前記投影光学系の倍率に対応した速度比にて同期して等速に走査可能に配置した、請求項 1、2 又は 3 記載の液浸型露光装置。

【請求項 5】 前記露光光として紫外域の光を用いた、請求項 1、2、3 又は 4 記載の液浸型露光装置。

【請求項 6】 前記投影光学系の最もウエハ側の先端光学素子のウエハ側の光学面を平面状に形成し、前記先端光学素子を保持する鏡筒の下端面を前記光学面と同一平面をなすように形成し、前記鏡筒の下端外周面に面取りを施した、請求項 1、2、3、4 又は 5 記載の液浸型露光装置。

【請求項 7】 前記先端光学素子が平行平板である、請求項 6 記載の液浸型露光装置。

【請求項 8】 前記ウエハをホルダテーブルによって保持し、前記液体によってワーキングディスタンスを満たすことができるよう前記ホルダテーブルの上面外周に壁部を立設し、前記ホルダテーブル内に前記液体を供給し且つ回収できるよう液体供給ユニットを設け、前記ホルダテーブルと液体供給ユニットとの双方に温度調整器を設けた、請求項 1～7 のいずれか 1 項記載の液浸型露光装置。

【請求項 9】 前記ウエハをウエハチャックによって保持し、前記液体によってワーキングディスタンスを満たすことができるよう前記ウエハチャックの上面外周に壁部を立設し、前記ウエハチャックを貫通して少なくとも 3 本のピンを設け、前記ウエハを前記ウエハチャックの上方に持ち上げができるように、前記ピンに昇降駆動装置を取り付けた、請求項 1～7 のいずれか 1 項記載の液浸型露光装置。

駆動装置を取り付けた、請求項 1～7 のいずれか 1 項記載の液浸型露光装置。

【請求項 10】 前記ウエハをウエハチャックによって保持し、前記液体によってワーキングディスタンスを満たすことができるよう前記ウエハチャックの上面外周に壁部を立設し、前記ウエハチャックを貫通して少なくとも 3 本のピンを設け、ウエハチャックの前記壁部の上端を前記投影光学系の下端よりも低くすることができるよう、前記ウエハチャックに昇降駆動装置を取り付けた、請求項 1～7 のいずれか 1 項記載の液浸型露光装置。

【請求項 11】 前記壁部の一部分に開閉自在な液密ドア部を設けることにより、投影光学系の下端部分との干渉を回避した、請求項 1～10 のいずれか 1 項記載の液浸型露光装置。

【請求項 12】 前記投影光学系の側面に干渉計用のミラーを取り付け、該ミラーに入射して反射する光束を前記液体から発する蒸気より離隔するよう防護手段を設けた、請求項 1～11 のいずれか 1 項記載の液浸型露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

### 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、レチクル上に描画されたパターンを投影光学系によってウエハに焼付ける露光装置に関し、特に液浸型の露光装置に関する。

### 【0002】

【従来の技術】 光学系の最終レンズ面と像面との間の間隔をワーキングディスタンスというが、従来の露光装置の投影光学系のワーキングディスタンスは、空気で満たされていた。このワーキングディスタンスは、オートフォーカス光学系を介在させるなどの都合により、10 mm 以上取るのが普通であった。他方、ウエハに転写するパターンについては、その微細化がますます望まれており、そのためには露光波長の短波長化を図るか、あるいは開口数の増大を図る必要がある。しかるに短波長の光を透過するガラス材料の種類には限度があるから、ワーキングディスタンスを液体で満たして開口数の増大を図ることにより、露光パターンの微細化を図る液浸型の露光装置が提案されている。

【0003】 液浸型の露光装置では、ワーキングディスタンスに介在させた液体の温度分布によって、屈折率に分布が生じるおそれがある。そこで液体の温度変化に起因する結像性能の劣化への対策として、次のような技術が提案されている。すなわち、(a) 液体の温度安定機構によって温度の安定化を図るものとして、米国特許 4,346,164 号の図 3 に開示された技術が提案されており、加振搅拌機構によって温度の均一化を図るものとして、特開平 6-124873 号公報に開示された技術が提案されている。また、(い) 液体の温度モニタ一機構によって温度調節にフィードバックするものとし

て、同じく特開平6-124833号公報に温度、又は屈折率を計測することが提案している。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし（a）においては、温度をどの程度安定させれば実用上問題ないかと言った議論は成されておらず、実際には下記に示すように、現実的とは言いがたい精度での温度コントロールが必要になる。また、（い）についても、結像性能に最も影響するのが液体の温度不均一であることを考慮すると、有効な対策とは言い難い。このように液浸型露光装置に関する従来公知の技術においては、ワーキングディスタンスのような投影光学系の光学パラメーターそのものについての制約に言及した例はなく、液浸型の特殊事情が考慮されているとは言えない状況であった。したがって本発明は、ワーキングディスタンスを満たす液体の温度制御を容易にして、結像性能の劣化を招くことのない液浸型露光装置を提供することを課題とする。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、すなわち、レチクル上に描画されたパターンをウエハ上に焼付転写する投影光学系を有し、該投影光学系のウエハに最も近接したレンズ面とウエハとの間のワーキングディスタンスのうちの少なくとも一部分を、露光光を透過する液体で満たした液浸型露光装置において、ワーキングディスタンスの長さをLとし、露光光の波長をλとし、液体の屈折率の温度係数をN(1/°C)としたとき、

$$L \leq \lambda / (0.3 \times |N|)$$

$$\begin{aligned} \text{空気: } \Delta F &= 10 \text{ mm} \times |-9 \times 10^{-7} / \text{°C}| \times 0.01 \text{ °C} \\ &= 0.09 \text{ nm} \\ \text{水: } \Delta F &= 10 \text{ mm} \times |-8 \times 10^{-5} / \text{°C}| \times 0.01 \text{ °C} \\ &= 8.0 \text{ nm} \end{aligned}$$

【0009】しかるに一般に結像波面収差△Fは、露光波長λの1/30以下が望ましく、すなわち、  
 $\Delta F \leq \lambda / 30$  ……(2)

が成立することが好ましい。例えば波長193nmのArFエキシマレーザーを露光光として用いるときには、 $\Delta F < 6.4 \text{ nm}$ が望ましい。ワーキングディスタンスを満たす媒質が水の場合には、従来技術のようにワーキングディスタンスLが $L > 10 \text{ mm}$ では、媒質の温度分布による結像波面収差の発生量が大きすぎて、実用上問題を生ずることが分かる。

【0010】(1a)式と(2)式とから、  
 $L \leq \lambda / (0.3 \times |N|)$  ……(3)

を得る。したがって(3)式を満たすことにより、実現可能な温度安定性(温度分布)のもとに、浸液中の温度分布によって生じる波面収差発生量が露光波長の1/30以下に抑えられた投影光学系を搭載した液浸型露光装置が得られる。以上のように本発明においては、温度分布を持った媒質中を露光光が通過することで発生する波

となるように形成した特徴とする液浸型露光装置であり、また、前記液体として、純水の表面張力を減少させ又は純水の界面活性度を増大させる添加剤を純水に添加したものを用いたことを特徴とする液浸型露光装置である。

【0006】以下に本発明の作用を説明する。投影光学系の先端のガラス面から結像面までの距離、すなわちワーキングディスタンスをLとし、ワーキングディスタンスLを満たす媒質の温度分布の幅を△Tとし、この温度分布△Tに起因する結像波面の収差を△Fとし、液体の屈折率の温度係数をNとすると、近似的に以下の式(1)が成立する。

$$\Delta F = L \times |N| \times \Delta T \quad \dots \quad (1)$$

【0007】媒質の温度分布△Tについては、その均一化を図るためにいかにコントロールしようとも、 $\Delta T = 0.01 \text{ °C}$ 程度の温度分布が存在すると想定される。したがって、結像波面収差△Fは、少なくとも、  
 $\Delta F = L \times |N| \times 0.01 \quad \dots \quad (1a)$

だけは存在する。ここでNは、屈折率の温度係数を1/°C単位で表した値である。

【0008】屈折率の温度係数Nの値は液体と気体で大きく異なり、例えば空気では $N = -9 \times 10^{-7} / \text{°C}$ であるのに対して、水の場合は $N = -8 \times 10^{-5} / \text{°C}$ であり、100倍近い差がある。他方、縮小投影露光装置の投影光学系のワーキングディスタンスLは、通常 $L > 10 \text{ mm}$ であるが、 $L = 10 \text{ mm}$ であるとしても、結像波面収差△Fは以下のようになる。

面収差量が、温度分布量と媒質中の光路長の積に依存することに着目し、光路長に上限を設けることにより、温度分布に対する要求を緩和している。これにより実現可能なレベルでの浸液の温度コントロールのもとで、液浸型露光装置を実用に供することができる。

#### 【0011】

【発明の実施の形態】以下に本発明に好適ないくつかの実施例を説明する。

#### 【0012】

【第1の実施例の説明】図1は、本発明の第1の実施例による投影露光装置の全体構成を示し、ここでは、物体側と像側の両側においてテレセントリックに構成された円形イメージフィールドを有する縮小投影レンズ系PLを介して、レチクルR上の回路パターンを半導体ウエハW上に投影しつつ、レチクルRとウエハWとを投影レンズ系PLに対して相対走査するレンズ・スキャン方式の投影露光装置を示す。図1において照明系10は、波長193nmのパルス光を放射するArFエキシマレーザ

光源（不図示）、その光源からパルス光の断面形状を整形するビームエクスパンダ（不図示）、その整形されたパルス光を入射して2次光源像（複数の点光源の集まり）を生成するフライ・アイレンズ等のオプチカルインテグレータ（不図示）、その2次光源像からのパルス光を均一な照度分布のパルス照明光にする集光レンズ系（不図示）、そのパルス照明光の形状を走査露光時の走査方向（Y方向）と直交した方向（X方向）に長い矩形状に整形するレチクルブラインド（照明視野絞り、不図示）、及びそのレチクルブラインドの矩形状の開口からのパルス光ILを図1中のコンデンサーレンズ系12、ミラー14と協働してレチクルR上にスリット状又は矩形状の照明領域AIとして結像するためのリレー光学系（不図示）とを含んでいる。

【0013】レチクルRは、走査露光時には大きなストロークで1次元方向に等速移動可能なレチクルステージ16上に真空吸着（場合によっては静電吸着、機械締結）される。レチクルステージ16は、図1においては装置本体のコラム構造体19上を図中の左右（Y方向）にスキャン移動するようにガイドされ、図の紙面と垂直な方向（X方向）にも移動するようにガイドされる。そのレチクルステージ16のXY平面内での座標位置や微小回転量は、レチクルステージ16の一部に取り付けられた移動鏡（平面鏡やコーナーミラー）MRrにレーザビームを投射して、その反射ビームを受光するレーザ干渉計システム17によって逐次計測される。そしてレチクルステージ制御器20は、干渉計システム17によって計測されるXY座標位置に基づいてレチクルステージ16を駆動するためのリニアモータやボイスコイル等のモータ18を制御し、レチクルステージ16のスキャン方向の移動と非スキャン方向の移動とを制御する。

【0014】さて、コンデンサーレンズ系12とミラー14から射出された矩形状のパルス照明光ILがレチクルR上の回路パターン領域の一部を照射すると、その照明領域AI内に存在するパターンからの結像光束が1/4倍の縮小投影レンズ系PLを通して、ウエハWの表面に塗布された感応性のレジスト層に結像投影される。その投影レンズ系PLの光軸AXは、円形イメージフィールドの中心点を通り、照明系10とコンデンサーレンズ系12の各光軸とも同軸になるように配置されている。また投影レンズ系PLは、波長193nmの紫外線に対して高い透過率を有する石英と螢石の2種類の硝材で作られた複数枚のレンズ素子で構成され、螢石は主に正のパワーを持つレンズ素子に使われる。さらに投影レンズ系PLの複数枚のレンズ素子を固定する鏡筒の内部は、波長193nmのパルス照明光の酸素による吸収を避けるために窒素ガスに置換されている。このような窒素ガスによる置換は照明系10の内部からコンデンサーレンズ系12（又はミラー14）までの光路に対しても同様に行われる。

【0015】ところで、ウエハWはその裏面を吸着するホルダテーブルWH上に保持される。このホルダテーブルWHの外周部全体には一定の高さで壁部LBが設けられ、この壁部LBの内側には液体LQが所定の深さで満たされている。そしてウエハWは、ホルダテーブルWHの内底部の窪み部分に真空吸着される。またホルダテーブルWHの内底部の周辺には、ウエハWの外周を所定の幅で取り囲むような環状の補助プレート部HRSが設けられている。この補助プレート部HRSの表面の高さは、ホルダテーブルWH上に吸着された標準的なウエハWの表面の高さとほぼ一致するように定められている。

【0016】この補助プレート部HRSの主要な機能は、フォーカス・レベリングセンサーの検出点がウエハWの外形エッジの外側に位置するような場合の代替のフォーカス検出面として利用されることである。また補助プレート部HRSは、ウエハW上のショット領域とレチクルR上の回路パターンとを相対的に位置合わせするときに使われるアライメントセンサーのキャリブレーションや、ショット領域を走査露光するときに使われるフォーカス・レベリングセンサーのキャリブレーションにも兼用可能である。ただしアライメントセンサーとフォーカス・レベリングセンサーのキャリブレーションは、補助プレート部HRSと個別に設けられた専用の基準マーク板を使う方が望ましい。この場合、基準マーク板も液浸状態で投影レンズ系PLの投影像面とほぼ同一の高さになるようにホルダテーブルWH上に取り付けられ、アライメントセンサーは基準マーク板上に形成された各種の基準マークを液浸状態で検出することになる。なお、テーブル上の基準マーク板を使ってフォーカスセンサーのシステム・オフセットをキャリブレーションする方法の一例は、例えば米国特許4,650,983号に開示され、各種アライメントセンサーのキャリブレーション方法の一例は、例えば米国特許5,243,195号に開示されている。

【0017】ところで図1に示した通り、本実施例では投影レンズ系PLの先端部を液体LQ内に浸けるので、少なくともその先端部は防水加工されて鏡筒内に液体が染み込まないような構造となっている。さらに、投影レンズ系PLの先端のレンズ素子の下面（ウエハWとの対向面）は平面、又は曲率半径が極めて大きい凸面に加工され、これにより、走査露光時にレンズ素子の下面とウエハWの表面との間で生じる液体LQの流れをスムーズにできる。さらに本実施例では、後で詳細に説明するが、液浸状態における投影レンズ系PLの最良結像面（レチクル共役面）が、先端のレンズ素子の下面から約2~1mmの位置に形成されるように設計されている。従って、先端のレンズ素子の下面とウエハWの表面との間に形成される液体層の厚みも2~1mm程度になり、これによって液体LQの温度調整の制御精度が緩和されるとともに、その液体層内の温度分布ムラの発生も抑え

ることが可能となる。

【0018】さて、ホルダテーブルWHは、投影レンズ系PLの光軸AXに沿ったZ方向への並進移動（本実施例では粗移動と微動）と、光軸AXに垂直なXY平面に対する傾斜微動とが可能なように、XYステージ34上に取り付けられる。このXYステージ34はベース定盤30上をXY方向に2次元移動し、ホルダテーブルWHはXYステージ34上に3つのZ方向用のアクチュエータ32A、32B、32Cを介して取り付けられる。各アクチュエータ32A、B、Cは、ピエゾ伸縮素子、ボイスコイルモータ、DCモータとリフト・カムの組合せ機構等で構成される。そして3つのZアクチュエータと同じ量だけZ方向に駆動させると、ホルダテーブルWHをZ方向（フォーカス方向）に平行移動させることができ、3つのZアクチュエータを互いに異なる量だけZ方向に駆動させると、ホルダテーブルWHの傾斜（チルト）方向とその量とが調整できる。

【0019】また、XYステージ34の2次元移動は、送りネジを回転させるDCモータや非接触に推力を発生させるリニアモータ等で構成される駆動モータ36によって行われる。この駆動モータ36の制御は、ホルダテーブルWHの端部に固定された移動鏡MRwの反射面のX方向、Y方向の各位置変化を計測するレーザ干渉計33からの計測座標位置を入力するウエハステージ制御器35によって行われる。なお、駆動モータ36をリニアモータとしたXYステージ34の全体構成としては、例えば特開平8-233964号公報に開示された構成を使ってもよい。

【0020】さて、本実施例では投影レンズ系PLのワーキングディスタンスが小さく、投影レンズPLの先端のレンズ素子とウエハWとの間の2~1mm程度の狭い間に液体LQを満たすことから、斜入射光方式のフォーカスセンサーの投光ビームを投影レンズ系PLの投影視野に対応したウエハ面上に斜めに投射することが難しい。このため本実施例では図1に示す通り、オフ・アクシス方式（投影レンズ系PLの投影視野内にフォーカス検出点がない方式）のフォーカス・レベリング検出系と、オフ・アクシス方式でウエハW上のアライメント用のマークを検出するマーク検出系とを含むフォーカス・アライメントセンサーFADを投影レンズ系PLの鏡筒の下端部周辺に配置する。

【0021】このフォーカス・アライメントセンサーFADの先端に取り付けられた光学素子（レンズ、ガラス板、プリズム等）の下面は、図1に示すように液体LQ中に配置され、その光学素子からはアライメント用の照明ビームやフォーカス検出用のビームが液体LQを通してウエハW（又は補助プレート部HRS）の表面上に照射される。そしてフォーカス・レベリング検出系はウエハWの表面の最良結像面に対する位置誤差に対応したフォーカス信号Sfを出力し、マーク検出系はウエハW上

のマークの光学的な特徴に対応した光電信号を解析して、マークのXY位置又は位置ずれ量を表すアライメント信号Saを出力する。

【0022】そして以上のフォーカス信号Sfとアライメント信号Saは主制御器40に送出され、主制御器40はフォーカス信号Sfに基づいて3つのZアクチュエータ32A、B、Cの各々を最適に駆動するための情報をウエハステージ制御器35に送出する。これによってウエハステージ制御器35は、ウエハW上の実際に投影されるべき領域に対するフォーカス調整やチルト調整が行われるように、各Zアクチュエータ32A、B、Cを制御する。

【0023】また主制御器40は、アライメント信号Saに基づいて、レチクルRとウエハWとの相対的な位置関係を整合させるためのXYステージ34の座標位置を管理する。さらに主制御器40は、ウエハW上の各ショット領域を走査露光する際、レチクルRとウエハWとがY方向に投影レンズ系PLの投影倍率と等しい速度比で等速移動するように、レチクルステージ制御器20とウエハステージ制御器35とを同期制御する。

【0024】なお、図1中のフォーカス・アライメントセンサーFADは投影レンズ系PLの先端部周辺の1ヶ所にだけしか設けられていないが、投影レンズ系PLの先端部を挟んでY方向に2ヶ所、X方向に2ヶ所の計4ヶ所に設けておくのがよい。また図1中のレチクルRの上方には、レチクルRの周辺部に形成されたアライメント用のマークとウエハW上のアライメント用のマーク

（又は基準マーク板上の基準マーク）とを投影レンズ系PLを通して同時に検出して、レチクルRとウエハWとの位置ずれを高精度に計測するTTR（スルーザレチクル）方式のアライメントセンサー45が設けられている。そしてこのTTRアライメントセンサー45からの位置ずれ計測信号は主制御器40に送出され、レチクルステージ16やXYステージ34の位置決めに使われる。

【0025】ところで図1の露光装置は、XYステージ34をY方向に等速移動させて走査露光を行うものであるが、その走査露光時のレチクルR、ウエハWのスキャン移動とステップ移動とのスケジュールを図2を参照して説明する。図2において、図1中の投影レンズ系PLは、前群レンズ系LGaと後群レンズ系LGbとで代表的に表してあり、その前群レンズ系LGaと後群レンズ系LGbとの間には、投影レンズ系PLの射出瞳Epが存在する。また図2に示したレチクルRには、投影レンズ系PLの物体側の円形イメージフィールドの直径寸法よりも大きな対角長を有する回路パターン領域Paが、遮光帯SBによって区画された内側に形成されている。

【0026】そしてレチクルR上の領域Paは、レチクルRを例えればY軸に沿った負方向に一定速度Vrでスキャン移動させつつ、ウエハWをY軸に沿った正方向に一

定速度  $V_w$  でスキャン移動させることによって、ウエハ W 上の対応したショット領域 [REDACTED] に走査露光される。このとき、レチクル R を照明するパルス照明光 I L の領域 A I は、図 2 に示すようにレチクル上の領域 P a 内で X 方向に伸びた平行なスリット状又は矩形状に設定され、その X 方向の両端部は遮光帯 S B 上に位置する。

【0027】さて、レチクル R 上の領域 P a 内のパルス光照明領域 A I に含まれる部分パターンは、投影レンズ系 P L (レンズ系 L G a, L G b) によってウエハ W 上のショット領域 S A a 内の対応した位置に像 S I として結像される。そしてレチクル R 上のパターン領域 P a とウエハ W 上のショット領域 S A a との相対走査が完了すると、ウエハ W は例えばショット領域 S A a の隣りのショット領域 S A b に対する走査開始位置にくるように、一定量だけ Y 方向にステップ移動される。このステップ移動の間、パルス照明光 I L の照射は中断される。次に、レチクル R の領域 P a 内のパターンの像がウエハ W 上のショット領域 S A b に走査露光されるように、レチクル R をパルス光照明領域 A I に対して Y 軸の正方向に一定速度  $V_r$  で移動させつつ、ウエハ W を投影像 S I に対して Y 軸の負方向に一定速度  $V_w$  で移動させることで、ショット領域 S A b 上に電子回路のパターン像が形成される。なお、エキシマレーザ光源からのパルス光を走査露光に用いる技術の一例は、例えば米国特許 4,924,257 号に開示されている。

【0028】ところで図 1、2 に示した投影露光装置は、レチクル R 上の回路パターン領域の対角長が投影レンズ系 P L の円形イメージフィールドの直径よりも小さい場合、照明系 1 0 内のレチクルブラインドの開口の形状や大きさを変えて、照明領域 A I の形状をその回路パターン領域に合わせると、図 1 の装置をステップ・アンド・リピート方式のステッパーとして使うことができる。この場合、ウエハ W 上のショット領域を露光している間は、レチクルステージ 1 6 と X Y ステージ 3 4 とを相対的に静止状態にしておく。しかしながらその露光中にウエハ W が微動するときは、その微動をレーザ干渉計システム 3 3 で計測して投影レンズ系 P L に対するウエハ W の微小な位置ずれ分をレチクル R 側で追従補正するように、レチクルステージ 1 6 を微動制御すればよい。またレチクルブラインドの開口の形状や大きさを変える場合は、開口形状やサイズの変更に合せて、レチクルブラインドに達する光源からのパルス光を調整後の開口に見合った範囲に集中させるようなズームレンズ系を設けてもよい。

【0029】なお、図 2 から明らかなように、投影像 S I の領域は X 方向に伸びたスリット状又は矩形状に設定されているため、走査露光中のチルト調整は本実施例では専ら Y 軸回りの回転方向、すなわち走査露光の方向に対してローリング方向にのみ行われる。もちろん、投影像 S I の領域の走査方向の幅が大きく、ウエハ 表面の走

査方向に関するフラッ [REDACTED] の影響を考慮しなければならないときは、当然に X 軸 [REDACTED] の回転方向、すなわちピッチング方向のチルト調整も走査露光中に行われる。

【0030】ここで、本実施例による露光装置の特徴であるホルダテーブル WH 内の液体 L Q の状態について、図 3 を参照して説明する。図 3 は投影レンズ系 P L の先端部からホルダテーブル WH までの部分断面を表す。投影レンズ系 P L の鏡筒内の先端には、下面 P e が平面で上面が凸面の正レンズ素子 L E 1 が固定されている。このレンズ素子 L E 1 の下面 P c は、鏡筒金物の先端部の端面と同一面となるように加工 (フラッシュサーフェス加工) されており、液体 L Q の流れが乱れることを抑えている。さらに投影レンズ系 P L の鏡筒先端部で液体 L Q 内に浸かる外周角部 1 1 4 は、例えば図 3 のように大きな曲率で面取り加工されており、液体 L Q の流れに対する抵抗を小さくして不要な渦の発生や乱流を抑える。また、ホルダテーブル WH の内底部の中央には、ウエハ W の裏面を真空吸着する複数の突出した吸着面 1 1 3 が形成されている。この吸着面 1 1 3 は、具体的には 1 mm 程度の高さでウエハ W の径方向に所定のピッチで同心円状に形成された複数の輪帶状ランド部として作られる。そして各輪帶状ランド部の中央に刻設された溝の各々は、テーブル WH の内部で真空吸着用の真空源に接続される配管 1 1 2 につながっている。

【0031】さて、本実施例では図 3 に示したように、投影レンズ系 P L の先端のレンズ素子 L E 1 の下面 P e とウエハ W (又は補助プレート部 H R S) の表面とのベストフォーカス状態での間隔 L は、2 ~ 1 mm 程度に設定される。そのため、ホルダテーブル WH 内に満たされる液体 L Q の深さ H q は、間隔 L に対して 2 ~ 3 倍程度以上であればよく、従ってホルダテーブル WH の周辺に立設された壁部 L B の高さは数 mm ~ 10 mm 程度よい。このように本実施例では、投影レンズ系 P L のワーキングディスタンスとしての間隔 L を極めて小さくしたため、ホルダテーブル WH 内に満たされる液体 L Q の総量も少なくて済み、温度制御も容易になる。

【0032】ここで本実施例で使う液体 L Q は、入手が容易で取り扱いが簡単な純水を用いる。ただし本実施例では、液体 L Q の表面張力を減少させるとともに、界面活性力を増大させるために、ウエハ W のレジスト層を溶解させず、且つレンズ素子の下面 P e の光学コートに対する影響が無視できる脂肪族系の添加剤 (液体) をわずかな割合で添加しておく。その添加剤としては、純水とほぼ等しい屈折率を有するメチルアルコール等が好ましい。このようにすると、純水中のメチルアルコール成分が蒸発して含有濃度が変化しても、液体 L Q の全体としての屈折率変化を極めて小さくできるといった利点が得られる。

【0033】さて、液体 L Q の温度はある目標温度に対して一定の精度で制御されるが、現在比較的容易に温度

制御できる精度は±0.01℃である。そこでこのような温調精度のもとでの現状の液浸投影法を考えてみる。一般に空気の屈折率の温度係数 $N_a$ は約 $-9 \times 10^{-7}/\text{°C}$ であり、水の屈折率の温度係数 $N_q$ は約 $-8 \times 10^{-5}/\text{°C}$ であり、水の屈折率の温度係数 $N_q$ の方が2桁程度も大きい。一方、ワーキングディスタンス $L$ をとすると、ワーキングディスタンス $L$ を満たす媒質の温度変化（温度むら）量 $\Delta T$ に起因して生じる結像の波面収差量 $\Delta F$ は近似的に次式で表される。

$$\Delta F = L \cdot |N| \cdot \Delta T$$

【0034】ここで、液浸投影法を適用しない通常の投影露光の場合、ワーキングディスタンス $L$ を10mm、温度変化量 $\Delta T$ を0.01°Cとしたときの波面収差量 $\Delta F_{air}$ は以下のようになる。

$$\Delta F_{air} = L \cdot |N_a| \cdot \Delta T \approx 0.09 \text{ nm}$$

また同じワーキングディスタンス $L$ と温度変化量 $\Delta T$ の下で、液浸投影法を適用した場合に得られる波面収差量 $\Delta F_{lq}$ は以下のようになる。

$$\Delta F_{lq} = L \cdot |N_q| \cdot \Delta T \approx 8 \text{ nm}$$

【0035】この波面収差量は、一般に使用波長 $\lambda$ の1/30ないしは1/50~1/100程度が望ましいとされているから、ArFエキシマレーザを使った場合に許容される最大の波面収差量 $\Delta F_{max}$ は、 $\lambda/30$ ないしは $\lambda/50 \sim \lambda/100$ 程度の6.43ないしは3.86~1.93nmに定められ、望ましくは $\lambda/100$ の1.93nm以下に定められる。ところで空気と水の0°Cにおける各熱伝導率は、空気で0.0241W/mKとなり、水で0.561W/mKとなり、水の方が熱伝導が良く、水中に形成される光路内での温度むらは空気中のそれよりも小さくでき、結果的に液体内で発生する屈折率の揺らぎも小さくできる。しかしながら、式(3)に表したようにワーキングディスタンス $L$ が10mm程度の場合、温度変化量 $\Delta T$ が0.01°Cであったとしても、発生する波面収差量 $\Delta F_{lq}$ は許容収差量 $\Delta F_{max}$ を大きく越えてしまう。

【0036】そこで以上の考察から、許容波面収差量 $\Delta F_{max}$ を考慮した温度変化量 $\Delta T$ とワーキングディスタンス $L$ との関係は、

$$\Delta F_{max} = \lambda/30 \geq L \cdot |N_q| \cdot \Delta T$$

ないしは、

$$\Delta F_{max} = \lambda/100 \geq L \cdot |N_q| \cdot \Delta T$$

となる。ここで、想定される温度変化量 $\Delta T$ を0.01°C、波長 $\lambda$ を193nm、そして液体LQの屈折率変化量 $N_q$ を $-8 \times 10^{-5}/\text{°C}$ とすると、必要とされるワーキングディスタンス（液体層の厚み） $L$ は、8mmないしは2.4mm以下となる。望ましくは、そのワーキングディスタンス $L$ を液体LQがスムーズに流れる範囲内で2mmよりも小さくした方がよい。以上のように本実施例のように構成することにより、液体LQの温度制御が容易になるとともに、液体層内の温度変化に起因した

波面収差変化で生じる結像の劣化が抑えられ、極めて高い解像力でレチクル上にパターンを投影露光することが可能となる。

### 【0037】

【第2の実施例の説明】次に、本発明の第2の実施例について図4を参照して説明する。本実施例は、先の第1の実施例にも同様に適用可能な液体LQの温度制御法とウェハWの交換時の液体LQの取り扱い方法を示す。従って、図4において先の図1、3中の部材と同じものには同一の符号をつけてある。さて、図4においてホルダテーブルWHの内底部に円形の凹部として形成されたウェハ載置部には複数の吸着面113が形成されている。そして円形のウェハ載置部の周辺には、液体LQの供給と排出に用いる溝51が環状に形成され、その溝51の一部は、テーブルWH内に形成された通路52を介して、外部のパイプ53につながれている。またホルダテーブルWH内のウェハ載置部の直下と補助プレート部HRSの直下には、ペルチェ素子等の温度調整器50A、50Bが埋め込まれ、ホルダテーブルWH上の適当な位置（望ましくは複数ヶ所）には温度センサー55が取り付けられて、液体LQの温度が精密に検出される。そして温度調整器50A、50Bは、温度センサー55によって検出される液体LQの温度が一定値になるように、制御器60によって制御される。

【0038】一方、パイプ53は、切り替えバルブ62を介して、液体供給ユニット64と排出ポンプ66に接続されている。切り替えバルブ62は、制御器60からの指令に応答して、液体供給ユニット64からの液体LQをパイプ53に供給する流路か、パイプ53からの液体LQを排出ポンプ66を介して供給ユニット64に戻す流路かを切り替えるように動作する。また供給ユニット64内には、ホルダテーブルWH上の液体LQの全体を収容可能なリザーベンク（不図示）と、このタンクから液体LQを供給するポンプ64Aと、そのポンプ64Aを含めタンク内の液体LQ全体を一定の温度に保つ温調器64Bとが設けられている。さらに以上の構成において、バルブ62、ポンプ64A、温調器64B、排出ポンプ66の各動作は、制御器60によって統括的に制御される。

【0039】さて、このような構成において、ウェハWがホルダテーブルWHの載置部上に搬送され、プリアライメントされた状態で複数の吸着面113上に載置されると、図3に示した真空吸着用の配管112を介して減圧固定される。この間、温度調整器50A、50Bは、目標となる温度に制御され続けている。そしてウェハWの真空吸着が完了すると、切り替えバルブ62がクローズ位置から供給ユニット64側に切り替わり、温度調整された液体LQがポンプ64Aの作動によって、パイプ53、通路52、溝51を介してホルダテーブルWHの壁部LBの内部に一定量だけ注入されて、切り替えバル

プ6 2がクローズ位置に戻る後、ウエハWに対する露光が完了すると、直ちに~~タ~~音えバルブ6 2がクローズ位置から排出ポンプ6 6側に切り替わり、排出ポンプ6 6の作動によってテーブルWH上の液体L Qが溝5 1、パイプ5 3を介して供給ユニット6 4のリザーバンク内に戻される。そのタンク内に戻された液体L Qは、リザーバンク内の温度センサーからの検出信号に基づいて、次のウエハが準備できるまで温調器6 4 Bによって精密に温度制御される。

【0040】このように本実施例によれば、液浸露光中の液体L QはホルダテーブルWH内の温度調整器5 0 A, 5 0 Bによって温度制御され、ウエハ交換動作中は液体L Qを供給ユニット6 4内に回収して温度制御するようにしたので、ウエハ交換が大気中で可能になるとともに、液体L Qの大きな温度変化を防止できると云った利点がある。さらに本実施例によれば、ウエハ交換後にホルダテーブルWHに注入される液体L Qは、たとえ設定温度に対して僅か（例えば0. 5℃程度）に異なっていたとしても、液体層の深さH q（図3参照）が総じて浅いために比較的早く設定温度に到達し得るから、温度安定を待つ時間も短縮され得る。

#### 【0041】

【第3の実施例の説明】次に第3の実施例について図5を参照して説明する。図5は先の図3の構成を改良したホルダテーブルWHの部分断面を表し、この実施例のホルダテーブルWHは、ウエハWを保持するウエハチャック9 0と、フォーカス・レベリングのためのZ方向移動とチルト移動を行うZ Lステージ8 2とに別れており、Z Lステージ8 2上にウエハチャック9 0が載置されている。そしてZ Lステージ8 2は、3つのZアクチュエータ3 2 A, 3 2 C（3 2 Bは省略）を介して、XYステージ3 4上に設けられる。そしてチャック9 0には、図1、3、4と同様に、壁部LB、補助プレート部HRS、真空吸着用の配管1 1 2、液体L Qの供給、排出用のパイプ5 3（図4参照）に接続される通路5 3 A, 5 3 Bがそれぞれ形成されている。ただし、通路5 3 Aはウエハチャック9 0内部の補助プレート部HRSの周辺部分につながっており、通路5 3 Bはウエハチャック9 0内底部のウエハ載置部の最も低い部分につながっている。このようにウエハチャック9 0内の複数ヶ所に液体排出、注入用の通路を形成しておくと、液体の出し入れが迅速に行われる。

【0042】さらに本実施例では、チャック9 0の中央部に3つ（2つのみ図示）の貫通孔9 1が形成され、この貫通孔9 1を通って上下動する3つ（2つのみ図示）のセンターアップピン8 3が、上下動駆動機構8 5の上に設けられている。この上下動駆動機構8 5は、XYステージ3 4側に固定される。その3つのセンターアップピン8 3は、ウエハ交換時にチャック9 0上のウエハWを載置面から一定量だけ持ち上げたり、ウエハWを載置

面上に下ろしたりする~~か~~ものであり、ウエハWがチャック9 0の載置面に真正~~上~~及着された状態では、図5に示すようにセンターアップピン8 3の先端面は、チャック9 0の載置面よりも下がった位置に設定される。

【0043】一方、本実施例で使用する投影レンズ系PLの先端部には、サブ鏡筒8 0の先端に光軸AXと垂直に固定された石英の平行平板CGが取り付けられ、したがって先端のレンズ素子LE 1（平凸レンズ）が液体L Qに浸かることがないように構成されている。本実施例では、この平行平板CGの下面とウエハWの表面との間隔が、見かけ上のワーキングディスタンスとなり、先の実施例と同様に2 mm以下に設定される。またサブ鏡筒8 0の平行平板CGとの取付け面は防水加工され、サブ鏡筒8 0の内部には窒素ガスが充填されている。

【0044】このように投影レンズ系PLの先端に平行平板CGを設けるようにすると、投影レンズ系PLの実質的なバックフォーカス距離（屈折力を持つ先端の光学素子から像面までの距離）が10～15 mm程度であっても、容易にワーキングディスタンスLを1～2 mm程度にして液体の温度変化の影響を低減させた液浸投影法が実現できる。また、平行平板CGは後付けで設けることができるから、平行平板CGの表面の一部分を波長の数分の1程度のオーダーで研磨することにより、投影像内で生じている局所的な微少歪曲収差（あるいはランダムなディストーション）を容易に修正することが可能となる。すなわち、平行平板CGは投影レンズ系PLの最先端のレンズ素子を液体から保護する窓としての機能と、ディストーション補正板としての機能とを兼ね備えることになる。なお、別の見方をすれば平行平板CGを含めて投影レンズ系PLの結像性能が保証されているので、平行平板CGが投影レンズ系PLの最先端の光学素子であることに変わりはない。

#### 【0045】

【第4の実施例の説明】次に本発明の第4の実施例について図6を参照して説明する。本実施例は、先の図5に示した実施例とも関連し、ワーキングディスタンスを極めて小さくした投影光学系を液浸投影露光法に使用した場合のウエハ交換に関するものである。図6において、投影レンズ系PLの鏡筒の下端部には、図1に示したレーザ干渉計3 3からの参照用ビームBS rを受けて反射する参照ミラーML（X方向用とY方向用）が固定されている。そしてレーザ干渉計3 3からの測長用ビームBS mは、先の図5に示したようなZ Lステージ8 2の端部に固定された移動鏡MR wに投射され、その反射ビームはレーザ干渉計3 3に戻り、参照用ビームBS rの反射ビームと干渉して移動鏡MR wの反射面の座標位置、すなわちウエハWのX, Y方向の座標位置が、参照ミラーMLを基準として計測される。さて、本実施例においても、Z Lステージ8 2は3つのZアクチュエータ3 2 A, 3 2 B（3 2 Cは省略）を介してXYステージ3 4

上に取り付けられ、Z方向と~~Y~~方向とに移動可能となっている。ただし、Zステージ82は、その周辺の3ヶ所で板バネ84A、84B（84Cは省略）を介してXYステージ34と結合され、XYステージ34に対する水平方向（XY面内）の剛性が極めて大きくなるように支持される。

【0046】そして本実施例でも、先の図5と同様のウェハチャック90がZステージ82上に設けられるが、図5と異なる点は、ウェハチャック90を複数のZ方向の駆動機構88A、88Bによって比較的に大きなストローク（10～15mm程度）でZステージ82に対してZ方向に移動する構成にしたことである。この駆動機構88A、88Bは、フォーカス・レベリングのためのZアクチュエータ32A、B、Cと異なり、ウェハチャック90をそのストロークの両端間で移動させるだけでよく、エア・シリンダやリンク機構等を使った簡単なエレベーション機能でよい。さらに図6の実施例では、先の図5に示したセンターアップピン83がXYステージ34上に上下動することなく固定されている。そして図6のようにウェハチャック90が最も上昇した状態では、ウェハWの表面が投影レンズ系PLの先端の光学素子の面から1～2mm程度に設定され、センターアップピン83の先端面はウェハチャック90のウェハ載置面よりもわずかに下側（2～3mm程度）に下がっている。

【0047】以上のような構成で、図6はウェハWに対する露光動作時の状態を表し、その露光動作が完了すると先の図4に示した液体LQの排出操作によってウェハチャック90上の液体LQを一時的に排出する。その後、ウェハチャック90の真空吸着が解除されると、駆動機構88A、88Bを作動させてウェハチャック90を図6の位置から最も下にダウンさせる。これによってウェハWは3つのセンターアップピン83の先端面上に載せ替えられるとともに、ウェハチャック90周辺の壁部LBの上端面が投影レンズ系PLの先端面（図3中ではレンズ素子LE1の下面Pe、図5中では平行平板CGの下面）よりも低くなるように位置決めされる。その状態でXYステージ34をウェハ交換位置まで移動させると、ウェハWは投影レンズ系PLの直下から引き出されて、搬送用のアーム95の方に移動する。このときアーム95は、ウェハチャック90の壁部LBの上端面よりは高く、且つセンターアップピン83上のウェハWよりは低くなるような高さに設定された状態で、ウェハWの下側に入り込む。それからアーム90はウェハWを上方にわずかに持ち上げつつ真空吸着を行い、所定のアシロード位置に向けてウェハWを搬送する。ウェハWの搬入は、以上のシーケンスとは全く逆に行われる。

【0048】ところで図6に示したように、レーザ干渉計33が参照ビームBSrを投影レンズ系PLの参照ミラーMLに投射するような方式の場合、参照ビームBS

rの光路の直下に液体LQプールが広がっているため、その液体LQの飽和蒸気の上昇によって参照ビームBSrの光路に揺らぎを与えることが考えられる。そこで本実施例では、参照ビームBSrの光路と液体LQとの間にカバー板87を配置し、液体LQから上昇する蒸気流を遮断して参照ビームBSrの光路で発生する揺らぎを防止する。

【0049】なお、カバー板87の上部空間には、参照ビームBSrの光路をより安定にするために、光路と交差する方向に温度制御された清浄な空気を送風してもよい。この場合、カバー板87は光路空調用の空気が直接液体LQに吹き付けられることを防止する機能も備えることになり、液体LQの不要な蒸発を低減させることができる。また、単なるカバー板87に代えて、参照ビームBSrの光路全体を遮風筒で覆う構成にしてもよい。

#### 【0050】

【第5の実施例の説明】次に本発明の第5の実施例を図7(A)、(B)を参照して説明する。本実施例は先の図1に示したホルダテーブルWHの構造に、図5に示したセンターアップ機構（ピン83、Z駆動部85）を組合せたものであり、ウェハ交換を簡単にするためにホルダテーブルWHを改良したものである。そして図7(B)はその改良されたホルダテーブルWHの平面を表し、図7(A)は図7(B)中の7A矢視の断面を表す。その図7(A)、(B)から分かるように、ホルダテーブルWHは、XYステージ34上に3つのZアクチュエータ32A、32C（32Bは省略）を介して保持され、ホルダテーブルWHの中央付近には3つの貫通孔91が設けられている。この貫通孔91には、駆動部85によって上下動するセンターアップピン83が通る。

【0051】先にも説明したように、投影レンズ系PLの最下端面の高さは、そのままでは補助プレート部HRS（ウェハW）の表面から2mm程度しか離れていない。さらにホルダテーブルWHの周辺に設けられた壁部LBの上端は投影レンズ系PLの最下端面よりも高い。従って、ウェハ交換のためにそのままXYステージ34を移動させて投影レンズ系PLの直下からウェハを引き出すように構成した場合、補助プレート部HRSの一部分の幅が投影レンズ系PLの鏡筒の直径寸法程度必要となり、液体LQが注入されるホルダテーブルWHの内容積を大きくすることになる。

【0052】そこで本実施例では、図7に示すようにホルダテーブルWHの壁部LBの一部を切り欠いて、そこに開閉自在な液密ドア部DBを設けた。この液密ドア部DBは、液体LQが注入されている間は常に図7(A)、(B)のように壁部LBの切り欠き部を液密状態で閉じており、液体LQがホルダテーブルWH上から排出されると、図7(A)中の破線のように開くようになっている。その液密ドア部DBは、開いた状態では補助プレート部HRSの表面の高さよりも若干低くなるよ

うに設定されている。また液密ドア部DBの内壁と接するホルダテーブルWH本体側の部分（壁部LBの切り欠き部等）には、図7（B）のように液密性を確実にするOリングOシグが適宜の位置に設けられている。

【0053】以上のような構成において、ホルダテーブルWH上のウエハを交換する場合は、まずホルダテーブルWH内の液体LQを排出してから、液密ドア部DBを開く。その後、XYステージ34を図7中で右側に移動させると、ウエハは投影レンズ系PLの直下から引き出されることになる。このとき、投影レンズ系PLは丁度開いた液密ドア部DBの上方空間に位置する。それからセンターアップピン83を上昇させてウエハを壁部LBよりも高く持ち上げれば、ウエハは容易に交換することができる。

【0054】本実施例によれば、ホルダテーブルWHの周囲を取り囲む壁部LBの直径を最小にすることが可能となり、ホルダテーブルWH内に満たされる液体LQの総量を最小限に抑えることが可能となり、液体LQの温度管理が容易になるだけでなく、液体LQの注入排出時間も最小になるといった利点がある。なお、前記第4の実施例の構成のときには、ウエハチャックが下降するから特に液密ドア部を設ける必要はないが、第4の実施例の構成において、なおも液密ドア部を設けても良い。

#### 【0055】

【第6の実施例の説明】次に図8は本発明の第6の実施例を示し、この実施例では下部容器7と上部容器8を用いている。ウエハ3を載置するウエハホルダー3aは下部容器7の内面底部に形成されており、下部容器7の上面は上部容器8の底面によって密閉されており、下部容器7の全容積は浸液7aによって完全に満たされている。他方上部容器8にも浸液8aが満たされており、その浸液8a内に投影光学系1の最終レンズ面1aが浸されている。

【0056】下部容器7内の浸液7aの一部分は、下部容器7の一側面に設けた排出口5より温度調節器6に導かれ、温度調節器6において温度調節を受けた後に、下部容器7の他側面に設けた注入口4より下部容器7に戻るように循環している。下部容器7内の複数箇所には温度センサー（図示せず）が取り付けられており、温度調節器6は温度センサーからの出力に基づいて、下部容器7内の浸液7aの温度が一定となるように制御している。また上部容器8内の浸液8aについても、同様の温度調節機構が設けられている。

【0057】この実施例においては、下部容器7と上部容器8を一体として移動することにより、ウエハ3を移動している。他方、ウエハ3を収容した下部容器内の浸液は実質的に密閉されているから、温度安定性の点で有利であるだけでなく、浸液中の渦等の流れによる圧力分布も発生しない。すなわち浸液中の圧力分布は、屈折率の揺らぎとなり結像波面収差悪化の要因となるが、この

第6の実施例において圧力分布が問題になるのは、上部容器8に満たされた浸液8aのみで、この部分の光路L<sub>8</sub>を充分に短く形成することにより、ウエハ移動時の浸液流れの影響を実用上問題にならないレベルまで緩和することが出来る。

【0058】なお本実施例では下部容器7と上部容器8を一体として移動したが、下部容器7のみを移動し、上部容器8を固定することもできる。この構成のときには、上部容器8内の浸液8aは完全に停止することになる。したがってワーキングディスタンスLのうちで、上部容器8内の浸液8aの厚さL<sub>8</sub>よりも、下部容器7内の浸液7aの厚さL<sub>7</sub>の方を十分に薄く形成することが好ましい。

#### 【0059】

【その他の変形例の説明】以上、本発明の各実施例を説明したが、先の図1に示したように液浸投影露光時のワーキングディスタンスは1～2mm程度と極めて小さいため、ウエハWに対する焦点合せはオフ・アクシス方式のフォーカス・アライメントセンサーFADを使うものとした。しかしながら、例えば米国特許4,801,977号、米国特許4,383,757号等に開示されているように、投影レンズ系PLの投影視野内の周辺部を介してフォーカス検出用のビームをウエハ上に投射してウエハ表面の高さ位置又は傾きを計測するTTL（スルーザレンズ）方式のフォーカス検出機構を設けてもよい。

【0060】また、図1に示したフォーカス・アライメントセンサーFADは、オフ・アクシス方式でウエハW上のアライメントマークを光学的に検出するものとしたが、このアライメントセンサーもレチクルRと投影レンズ系PLを通してウエハW上のマークを検出する図1中のTTRアライメントセンサー45の他に、投影レンズ系PLのみを通してウエハW上のマークを検出するTTL方式のアライメントセンサーとしてもよい。さらに本発明は、紫外線域（波長400nm以下）のもとで投影露光する投影光学系を備えていれば、どのような構成の露光装置であっても全く同様に適用し得る。

#### 【0061】

【発明の効果】以上のように本発明により、実現可能な温度コントロールの範囲内で、充分な結像性能が保証された液浸型の露光装置が提供された。また、液浸型露光装置におけるウエハのローディングとアンローディングに適したウエハステージの構造も提供された。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による走査型の投影露光装置の全体的な構成を示す図である。

【図2】走査露光のシーケンスを模式的に説明するための斜視図である。

【図3】図1中の投影レンズ系付近の詳細な構成を示す部分断面図である。

【図4】本発明の第2の実施例による液体の温度制御と液体供給システムとを模式的に示すブロック図である。

【図5】本発明の第3の実施例によるウエハホルダーと投影レンズ系付近の構造を示す部分断面図である。

【図6】本発明の第4の実施例によるウエハホルダーと投影レンズ系付近の構造を示す部分断面図である。

【図7】本発明の第5の実施例によるホルダテーブルの構造を示す(A)断面図と、(B)平面図である。

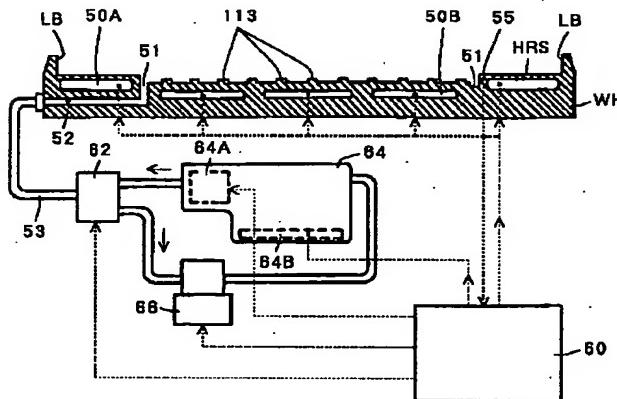
【図8】本発明の第6の実施例の要部を示す概略断面図である。

#### 【符号の説明】

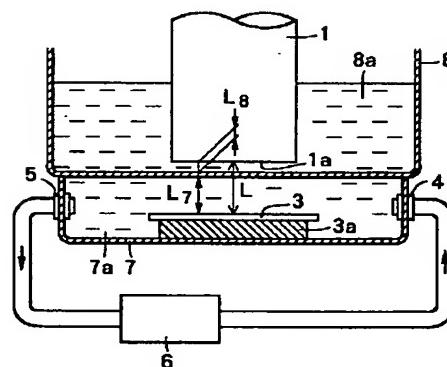
1…投影光学系	1 a…最終レンズ面
7、8…容器	7 a、8 a…浸液
3…ウエハ	3 a…ウエハホルダ
—	
4…注入口	5…排出口
6…温度調節器	L…ワーキングディ
スタンス	
10…照明系	12…コンデンサー
レンズ系	
14…ミラー	16…レチクルステ
ージ	
17…レーザ干渉計システム	18…モータ
19…コラム構造体	20…レチクルステ
ージ制御器	
30…ベース定盤	32 A、32 B、3
2 C…アクチュエータ	
33…レーザ干渉計システム	34…XYステージ
35…ウエハステージ制御器	36…駆動モータ
40…主制御器	50 A、50 B…温
度調整器	
51…溝5 1	52…通路
53…パイプ	53 A、53 B…通
路	

55…温度センサー	60…制御器
62…切り替えバルブ	64…液体供給ユニ
ット	
64 A…ポンプ	64 B…温調器
66…排出ポンプ	80…サブ鏡筒
82…Z Lステージ	83…センター・アッ
84 A、84 B…板バネ	85…上下駆動機
構	
87…カバー板	88 A、88 B…駆
動機構	
90…ウエハチャック	91…貫通孔
95…アーム	112…配管
113…吸着面	114…外周角部
I L…パルス照明光	A I…照明領域
R…レチクル	P a…回路パターン
領域	
S B…遮光帯	P L…投影レンズ系
AX…光軸	L G a…前群レンズ
系	
L G b…後群レンズ系	E p…射出瞳
LE 1…正レンズ素子	P e…下面
CG…平行平板	W…ウエハ
S A a、S A b…ショット領域	S I…投影像
WH…ホルダテーブル	L B…壁部
L Q…液体	H R S…補助プレー
ト部	
D B…液密ドア部	O L…Oリング
F A D…フォーカス・アライメントセンサー	
MR r、MR w…移動鏡	M L…参照ミラー
B S r…参照用ビーム	B S m…測長用ビーム
S f…フォーカス信号	S a…アライメント
信号	

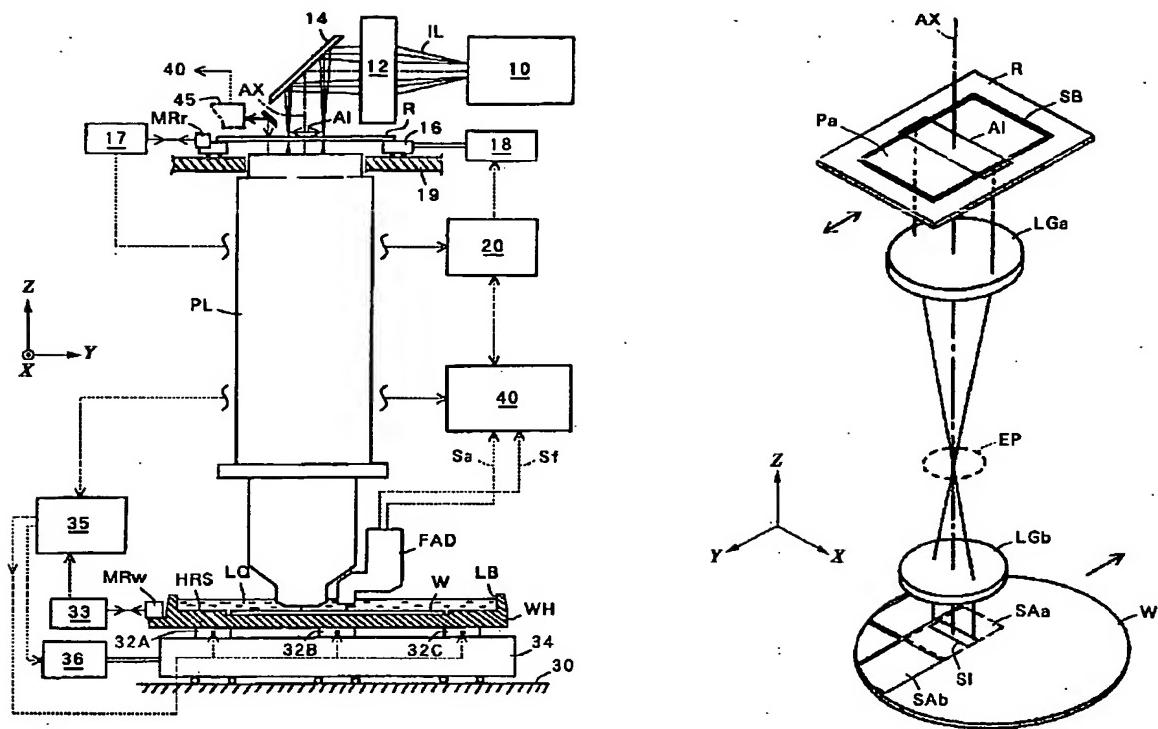
【図4】



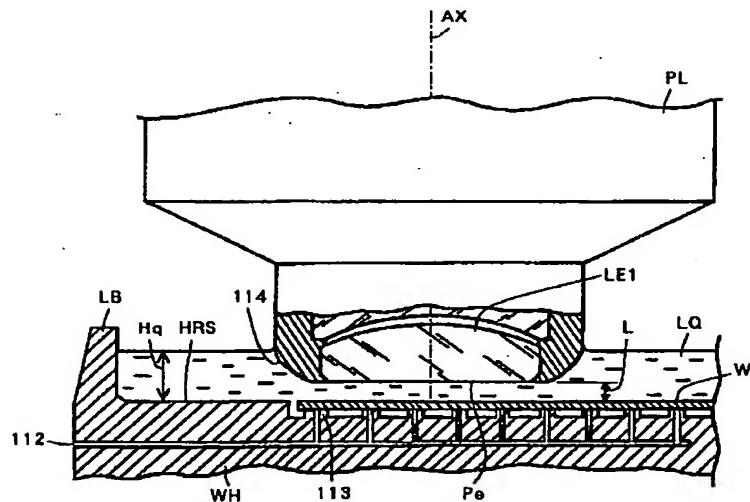
【図8】



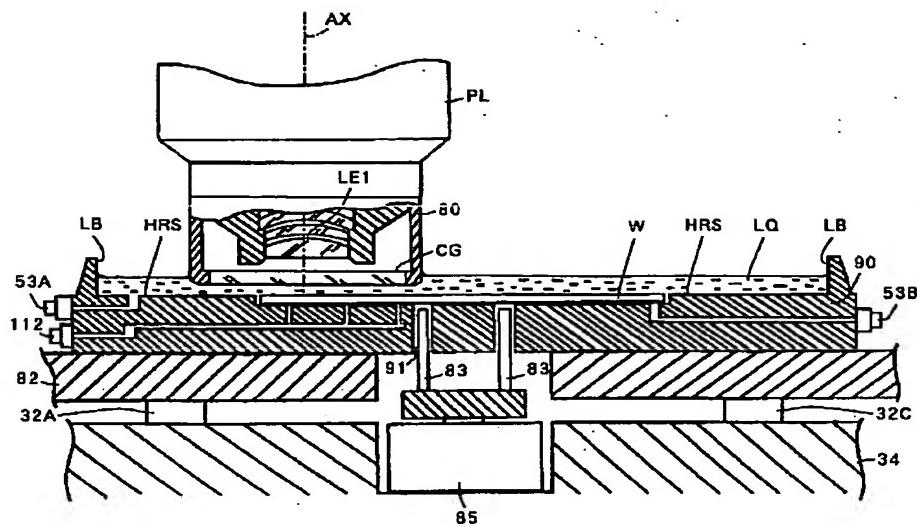
【図2】



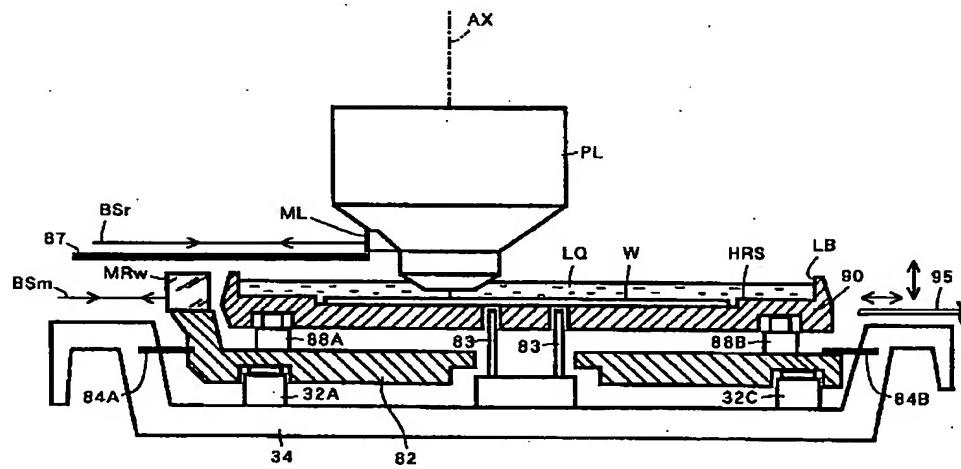
【図3】



【図 5】

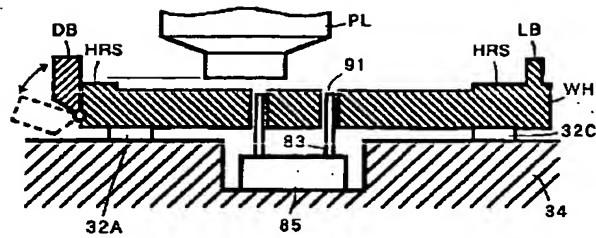


【図 6】

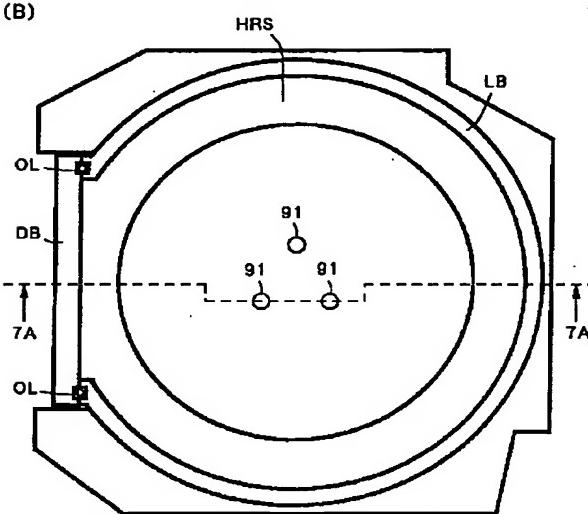


【図7】

(A)



(B)



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: blends between words**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**